



Docket No.: W&B-INF-1816

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, Alexandria, VA 22313 20231.

By: 

Date: July 16, 2003

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : Michael Hausmann  
Appl. No. : 10/600,961  
Filed : June 20, 2003  
Title : Method for Increasing the Input Voltage of an Integrated Circuit  
with a Two-Stage Charge Pump, and Integrated Circuit

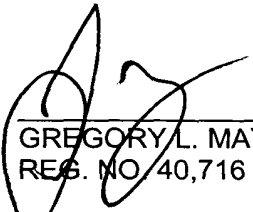
CLAIM FOR PRIORITY

Hon. Commissioner for Patents,  
Alexandria, VA 22313-1450  
Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under Title 35, U.S. Code, Section 119, based upon the German Patent Application 102 27 375.8 filed June 20, 2002.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

  
\_\_\_\_\_  
GREGORY L. MAYBACK  
REG. NO. 40,716

Date: July 16, 2003

Lerner and Greenberg, P.A.  
Post Office Box 2480  
Hollywood, FL 33022-2480  
Tel: (954) 925-1100  
Fax: (954) 925-1101

/mjb

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 27 375.8

**Anmeldetag:** 20. Juni 2002

**Anmelder/Inhaber:** Infineon Technologies AG, München/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Erhöhung der Eingangsspannung  
einer integrierten Schaltung mittels einer zwei-  
stufigen Ladungspumpe sowie integrierte Schal-  
tung

**IPC:** H 02 M 3/07

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 12. Juni 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Dzierzon

## Beschreibung

Verfahren zur Erhöhung der Eingangsspannung einer integrierten  
Schaltung mittels einer zweistufigen Ladungspumpe sowie in-  
5 tegrierte Schaltung

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren beziehungsweise  
von einer integrierten Schaltung zur Erhöhung einer Eingangs-  
spannung, bei der mittels einer Ladungspumpe zunächst ein  
10 erster Kondensator auf die Eingangsspannung vorgeladen und in  
einem zweiten Schritt seine gespeicherte Ladung zu einer er-  
höhten Ausgangsspannung umgesetzt wird, nach der Gattung der  
nebengeordneten Ansprüche 1 und 10. Häufig besteht insbeson-  
dere bei transportablen elektronischen Geräten wie Radios,  
15 Handys, Audiogeräte, Computer, Kameras usw. der Wunsch, diese  
Geräte möglichst klein und leicht auszubilden. Mehrere Batte-  
rien in einem Gerät bedeuten dabei einen unerwünscht hohen  
Platzbedarf und des weiteren auch ein entsprechend hohes Ge-  
wicht. Andererseits ist es erforderlich, dass die häufig in  
20 Form einer integrierte Schaltung wie Speicher, Verstärker  
usw. ausgebildeten Baugruppen aus physikalischen Gründen eine  
bestimmte Mindestspannung benötigen, damit ihre Funktionen  
gewährleistet ist. Insbesondere ist bei dynamischen Speichern  
wie DRAMs (Dynamic Random Access Memory), die je nach Typ ei-  
25 ne Versorgungsspannung von wenigstens 2,5 Volt oder 3,3 Volt  
benötigen, eine kontinuierliche Spannungsversorgung erforder-  
lich, damit die gespeicherten Daten nicht verloren gehen. Ei-  
nige integrierte Schaltungen benötigen auch mehrere unter-  
schiedliche Betriebsspannungen, die aus einer einzelnen Bat-  
30 terie nicht ohne größeren Aufwand ableitbar sind.

Eine einzelne Batteriezelle, beispielsweise eine NiCd-Zelle,  
die je nach Ausführungstyp in der Regel 1,2 bis 1,5 Volt ab-  
gibt, reicht für die oben genannten Probleme oft nicht aus,  
35 insbesondere wenn die Batteriezelle schon teilweise entladen  
ist und ihre Spannung bei weiterer Belastung weiter absinkt.

Bisher hat man dieses Problem beispielsweise dadurch zu lösen versucht, dass man die Bauform der Batterien verkleinert und dann zur Erzeugung einer höheren Spannung (Eingangsspannung) mehrere kleinere Batterien in Serie geschaltet hat. Dieses  
5 hat den Nachteil, dass der erforderliche Platzbedarf immer noch relativ groß ist.

Um insbesondere aus einer niedrigen Spannung eine höhere Spannung zu erzeugen, wurden bisher Spannungswandler mit Tra-  
10 fos oder dergleichen verwendet. Diese funktionieren aber nur bei Wechselspannungen und sind bei batteriebetriebenen Geräten nicht ohne zusätzlichen Aufwand realisierbar.

Bekannt ist des weiteren eine Pumpschaltung mit einer La-  
15 dungspumpe, mit der bei vertretbarem Aufwand beispielsweise die Eingangsspannung verdoppelt werden kann. Die Ladungspumpe wird dabei auf dem Chip der integrierten Schaltung implementiert, wobei mittels MOSFET-Transistoren als elektronische Schalter entsprechende Kondensatoren aufgeladen werden.

20 Nachteilig bei einer einstufigen Ladungspumpe ist, dass die Spannung maximal verdoppelt werden kann und für eine höhere Stromergiebigkeit verhältnismäßig viel Chipfläche benötigt wird.

25 Das erfindungsgemäße Verfahren zur Erhöhung der Eingangsspannung beziehungsweise die integrierte Schaltung mit den kennzeichnenden Merkmalen der nebengeordneten Ansprüche 1 und 10 hat demgegenüber den Vorteil, dass durch die Verwendung einer zweistufigen Ladungspumpe die Eingangsspannung bei ausrei-  
30 chender Stromergiebigkeit leicht auf einen erhöhten Wert, beispielsweise auf den doppelten Wert angehoben werden kann, ohne dass die zuvor erwähnten Nachteile auftreten. Als besonders vorteilhaft wird dabei angesehen, dass durch eine Parallelschaltung der beiden Stufen die wirksame Pumpkapazität der  
35 beiden Kondensatoren linear erhöht werden, während bei einer sonst üblichen Reihenschaltung die wirksame Pumpkapazität durch den kleinsten Kondensator begrenzt wird. Daraus ergibt

sich der weitere Vorteil, dass verhältnismäßig wenig Chipfläche benötigen wird, da das Verhältnis der beiden Kondensatoren nicht zwangsläufig 1:1 sein muss. Ein weiterer Vorteil ist auch, dass sich ein vorgegebener Parameter in besonders einfacher Weise durch das Verhältnis der beiden Kapazitäten der beiden Kondensatoren steuern lässt.

Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des in den nebengeordneten Ansprüche 1 und 10 angegebenen Verfahrens beziehungsweise der integrierten Schaltung gegeben. Als besonders vorteilhaft wird dabei angesehen, dass das Verhältnis der beiden Kapazitäten in Abhängigkeit von der verfügbaren Fläche auf der integrierten Schaltung frei wählbar ist. Da die integrierte Fläche auf dem Chip für die beiden Kondensatoren proportional zu deren Kapazitäten ist, lässt sich auf diese Weise sehr einfach und praktisch unabhängig das Kapazitätsverhältnis festlegen.

Eine günstige alternative Lösung wird auch darin gesehen, das Kapazitätsverhältnis in Abhängigkeit von der zu erhöhenden Ausgangsspannung festzulegen.

In der Praxis hat sich als eine optimale Lösung herausgestellt, das Kapazitätsverhältnis derart festzulegen, dass die Ladespannung am zweiten Kondensator auf etwa das  $4/3$ -fache der Eingangsspannung angehoben wird. Das hat den Vorteil, dass in diesem Fall für den ersten Kondensator nur die halbe Kapazität benötigt wird. Somit wird für den ersten Kondensator auch nur etwa die halbe Chipfläche benötigt. Insgesamt wird also gegenüber herkömmlichen Pumpschaltungen Chipfläche eingespart.

Eine günstige Lösung besteht auch darin, die Kondensatorflächen in Abhängigkeit vom nutzbaren Strom zu wählen. Für höhere Ströme wird man die Kondensatorflächen größer wählen als

bei niedrigeren Strömen. Auf diese Weise kann sehr einfach die benötigte Chipfläche optimiert werden.

Um bei niedrigen Eingangsspannungen, beispielsweise

- 5 Vint  $\leq$  1,8V, eine beispielsweise für Speicherschaltungen wie DRAMs noch ausreichende Versorgungsspannung (Ausgangsspannung) Vpp  $\geq$  2,8V zu erzielen, kann das Verhältnis der beiden Kondensatoren entsprechend einfach festgelegt werden.

- 10 Eine besonders einfache Lösung ergibt sich dadurch, dass die erhöhte Ausgangsspannung in nur drei Schritten durchgeführt wird. Diese Schritte werden dann natürlich zyklisch wiederholt.

- 15 Bei der integrierten Schaltung ist besonders vorteilhaft, dass die einzelnen Schritte zum Laden und Umladen der Kondensatoren mittels elektronischer Schalter gesteuert werden. Solche elektronischen Schalter werden meistens als MOSFET Transistoren ausgeführt, die sich sehr einfach steuern lassen.
- 20 Insbesondere benötigt man minimal nur vier elektronische Schalter, um die Ladungspumpe zu steuern.

Diese einfache Ladungspumpe ist insbesondere für die Versorgung von Speicherschaltungen wie DRAMs vorteilhaft, da sie

25 auf dem Chip verhältnismäßig wenig Fläche benötigt.

- Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein besonders einfaches Verfahren für die Erhöhung einer Eingangsspannung einer integrierten Schaltung anzugeben. Diese Aufgabe wird mit
- 30 den Merkmalen der nebengeordneten Ansprüche 1 und 10 gelöst.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

35

Die Figuren 1a, 1b und 1c zeigen in vereinfachter schematischer Darstellung ein Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei

dem bei einer zweistufigen Ladungspumpe in drei Arbeitsschritten die Ausgangsspannung auf einen gewünschten Wert angehoben werden kann.

- 5 Figur 2 zeigt eine Steuerschaltung mit elektronischen Schaltern, mit denen die einzelnen Arbeitsschritte durchführbar sind und

10 Figur 3 zeigt einen prinzipiellen Aufbau eines elektronischen Schalters.

15 Zunächst werden an Hand der Figuren 1a, 1b und 1c die drei Arbeitsschritte erläutert, mit denen die Spannungserhöhung zyklisch durchgeführt wird. In Figur 1a sind schematisch die beiden Stufen der Ladungspumpe dargestellt, die im wesentlichen durch einen ersten Kondensator C1 und einen zweiten Kondensator C2 gebildet werden. Hier werden in einem ersten Schritt die beiden Kondensatoren C1,C2 mit einem Anschluss auf die Eingangsspannung Vint und mit ihrem zweiten Anschluss auf Ground G geschaltet. Die eigentlichen Schaltvorgänge mit den erforderlichen elektronischen Schaltern werden später zu den Figuren 2 und 3 noch näher erläutert.

25 Bei diesem ersten Arbeitsschritt (Schritt) werden also die beiden Kondensatoren C1,C2 der beiden Stufen zunächst auf die Eingangsspannung  $U_1 = V_{int}$  und  $U_2 = V_{int}$  gleichzeitig vorge-  
laden. Die unterschiedliche Darstellung der beiden Kondensatoren C1, C2 in Figur 1a soll andeuten, dass die Kapazitäten der beiden Kondensatoren C1,C2 unterschiedlich groß sein können. Als integrierte Bauelemente einer integrierten Schaltung, beispielsweise einer Speicherschaltung wie ein DRAM oder ähnliches kann sowohl ihr Flächenbedarf als auch das Verhältnis ihrer Kapazitäten frei wählbar ausgebildet oder in Abhängigkeit von einem oder mehreren vorgegebenen Parametern  
35 festgelegt werden.

In einem zweiten Schritt (Pumpphase) wird gemäß Figur 1b der zweite Kondensator C2 einer Reihenschaltung, die aus der Eingangsspannung Vint und der Spannung U1 des vorgeladenen Kondensators C1 gebildet wird, parallel geschaltet. Es wird beispielsweise angenommen, dass die Kapazität des ersten Kondensators C1 nur halb so groß ausgebildet ist wie die des zweiten Kondensators C2 ( $C1=1/2 \cdot C2$ ). Unter Berücksichtigung dieses Kapazitätsverhältnisses fließt nun eine Strom I in den zweiten Kondensator C2, der zu einer Ladespannung (Summenspannung)  $U2 \sim 4/3 \cdot Vint$  führt. Der freie Anschluss des Kondensators C2 ist dabei auf Ground G gelegt.

Das Verhältnis der beiden Kapazitäten kann beliebig festgelegt werden und wird in der Praxis unter Berücksichtigung der verfügbaren Chipfläche und/oder der gewünschten Ausgangsspannung Vpp festgelegt. Auch ist dabei die Stromergiebigkeit zu berücksichtigen, die im wesentlichen durch die integrierte Kondensatorfläche bestimmbar ist.

Wie Figur 1c entnehmbar ist, wird nun in einem dritten Schritt ein Ausgangskondensator Cvpp wiederum einer Reihenschaltung parallel geschaltet, die aus dem auf die Spannung U2 aufgeladenen zweiten Kondensator C2 und der Eingangsspannung Vint gebildet ist. Jetzt fließt wieder ein Strom I in den Ausgangskondensator Cvpp und lädt diesen auf die erhöhte Ausgangsspannung Vpp auf. Die freien Anschlüsse sind wieder auf Ground G geschaltet.

Figur 2 zeigt nun einen Stromlaufplan, bei dem mit vier elektronischen Schalter T1...T4 die einzelnen Schritte, wie sie zu den Figuren 1a bis 1c erläutert wurden, gesteuert werden. Die elektronischen Schalter T1...T4 sind vorzugsweise als MOSFET-Transistoren ausgebildet und werden von einer per se bekannten Steuerlogik angesteuert, die aus Übersichtlichkeitsgründen in Figur 2 nicht dargestellt ist.



Die Schalter T1, T3 und T4 sind als einfache Umschalter mit zwei Schaltstellungen ausgebildet. Der Schalter T2 ist als doppelter Umschalter mit insgesamt drei Schaltstellungen ausgebildet.

5

Die Ziffern 1,2 und 3 kennzeichnen die Schalterstellungen bei den einzelnen Schritten 1,2 und 3. Die Kondensatoren C1, C2 und Cvpp entsprechen denen der Figuren 1a bis 1c.

10 Im folgenden wird die Funktionsweise dieser Anordnung näher erläutert. Die durchgezogenen Kontaktstellungen entsprechen dem ersten Schritt. Entsprechend Figur 1a wird jetzt der erste Kondensator C1 über die Schalter T1 und T4 auf die Spannung Vint vorgeladen. Gleichzeitig wird über den Schalter T2  
15 auch der zweite Kondensator C2 auf die Eingangsspannung Vint vorgeladen. Die Verbindung zum Ausgangskondensator Cvpp ist hier unterbrochen.

Im zweiten Schritt sind die Schalterstellungen 2 geschlossen,  
20 alle übrigen Schalter sind dann geöffnet. Entsprechend der zuvor beschriebenen Figur 1b wird nun der zweite Kondensator C2 auf die Ladespannung  $U_2 \sim 4/3 \cdot V_{int}$  aufgeladen, da jetzt Schalter T4, T1 und T2 in die Stellung 2 umgeschaltet wurden. Schalter T3 bleibt in seiner vorherigen Stellung.

25

Im dritten Schritt wird, wie zu Figur 1c erläutert wurde, die Ladung auf den Ausgangskondensator Cvpp übertragen. Für diesen Schritt werden alle vier Schalter T1, T2, T3 und T4 in die gekennzeichneten Positionen 3 umgeschaltet. Danach be-  
30 ginnt wieder ein neuer Zyklus mit dem Schritt 1.

Die Schließdauer wird vorzugsweise für jeden Schritt gleich lang ausgebildet, um alle Schritte mit einer möglichst einfachen Steuerschaltung zyklisch durchtakten zu können. Natürlich können in alternativer Ausgestaltung der Erfindung auch  
35 unterschiedliche Schließzeiten gewählt werden.

Figur 3 zeigt einen elektronischen Schalter Tn, der als MOSFET Transistor ausgebildet ist. Im linken Teil der Figur 3 ist das elektrische Schaltsymbol mit den zwei Schaltstellungen dargestellt. Bei Ansteuerung am Anschluss DRIVE XY wird der Strompfad XY geschlossen und bei Ansteuerung am Anschluss DRIVE XZ wird der Strompfad XZ geschlossen. Die Schalter T1, T3 und T4 entsprechen diesem Schaltertyp. Für den Schalter T2 ist ein weiterer Steueranschluss vorgesehen.

10

15

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Erhöhung der Eingangsspannung ( $V_{int}$ ) einer integrierten Schaltung, mit einer Ladungspumpe, bei der ein  
5 erster Kondensator ( $C_1$ ) in einem ersten Schritt zunächst auf die Eingangsspannung ( $V_{int}$ ) vorgeladen und in einem zweiten Schritt seine gespeicherte Ladung zu einer erhöhten Ausgangsspannung ( $V_{pp}$ ) umgesetzt und an einen Ausgangskondensator ( $C_{vpp}$ ) übertragen wird, dadurch gekennzeichnet,  
10 dass  
der Ladungspumpe eine zweite Stufe mit einem zweiten Kondensator ( $C_2$ ) parallel geschaltet wird, wobei das Verhältnis der Kapazitäten der beiden Kondensatoren ( $C_1, C_2$ ) in Abhängigkeit von wenigstens einem vorgebbaren Parameter frei wählbar ist.  
15
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis in Abhängigkeit der verfügbaren Fläche auf der integrierten Schaltung wählbar ist.
- 20 3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis in Abhängigkeit von der zu erhöhenden Ausgangsspannung ( $V_{pp}$ ) wählbar ist.
- 25 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis derart festgelegt ist, dass die Ladespannung ( $U_2$ ) am zweiten Kondensator ( $C_2$ ) auf etwa das  $4/3$ -fache der Eingangsspannung ( $V_{int}$ ) ansteigt.
- 30 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis  $C_1 = 1/2 \cdot C_2$  gewählt wird.
- 35 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kondensatorflächen für die beiden Kondensatoren ( $C_1, C_2$ ) in Abhängigkeit vom nutzbaren Strom gewählt werden.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Verhältnis derart festgelegt wird, dass sich bei einer Eingangsspannung  $V_{int} \leq 1,8V$  eine Ausgangsspannung  $V_{pp} \geq 2,8V$  mit ausreichender Stromergiebigkeit ergibt.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in einem ersten Schritt der erste und der zweite Kondensator ( $C1, C2$ ) auf die Eingangsspannung ( $V_{int}$ ) aufgeladen werden, dass in einem zweiten Schritt mit Hilfe der Ladung des ersten Kondensators ( $C1$ ) der zweite Kondensator ( $C2$ ) auf  $U_2$  etwa  $4/3 V_{int}$  geladen wird und dass in einem dritten Schritt die Ladung des zweiten Kondensators ( $C2$ ) auf den Ausgangskondensator ( $C_{vpp}$ ) übertragen wird.
9. Integrierte Schaltung mit einer Ladungspumpe zu Erhöhung der Eingangsspannung ( $V_{int}$ ), mit einem ersten Kondensator ( $C1$ ) einer ersten Stufe, der zunächst auf die Eingangsspannung ( $V_{int}$ ) aufladbar ist und dessen Ladung zur Erhöhung der Ausgangsspannung ( $V_{pp}$ ) verwendbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Ladungspumpe elektronische Schalter ( $T1...T4$ ) aufweist, mit denen ein zweiter Kondensator ( $C2$ ) parallel schaltbar ist und dass die elektronischen Schalter ( $T1...T4$ ) ausgebildet sind, zur Erhöhung der Ausgangsspannung ( $V_{pp}$ ) die Ladung des ersten Kondensators ( $C1$ ) der Spannung des zweiten Kondensators ( $C2$ ) zu überlagern.
10. Integrierte Schaltung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass zum Umladen der Kondensatoren ( $C1, C2, C_{vpp}$ ) minimal vier elektronische Schalter ( $T1...T4$ ) verwendbar sind.
11. Integrierten Schaltung nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die integrierte Schaltung zur Versorgung einer Speicherschaltung, vorzugsweise eines DRAMs verwendbar ist.

## Zusammenfassung

Verfahren zur Erhöhung der Eingangsspannung einer integrierten Schaltung mittels einer zweistufigen Ladungspumpe sowie integrierte Schaltung

Bei integrierten Schaltungen mit einer Ladungspumpe, die häufig zur Versorgung von integrierten Schaltungen, insbesondere Speicherschaltungen eingesetzt werden, besteht das Problem, dass bei niedrigen Eingangsspannungen ( $V_{int}$ ) bei ca. 2 V oder niedriger, die benötigte Betriebsspannung (Ausgangsspannung  $V_{pp}$ ) niedriger als die üblichen 2,5V beziehungsweise 3,3V werden kann. Dadurch kann ein zuverlässiger Betrieb der integrierten Schaltung nicht mehr gewährleistet werden. Erfindungsgemäß wird daher vorgeschlagen, eine zweistufige Ladungspumpe zu verwenden, bei der die zweite Stufe mit ihrem Kondensator ( $C_2$ ) der ersten Stufe (Kondensator  $C_1$ ) parallel geschaltet wird. Durch die Parallelschaltung kann das Verhältnis der beiden Kapazitäten ( $C_1, C_2$ ) in Abhängigkeit vorgegebener Parameter wie Strom, Spannung, Flächenbedarf weitgehend frei bestimmt werden. Des weiteren besteht gegenüber einer Reihenschaltung auch ein Vorteil darin, dass sich bei der Parallelschaltung die beiden Kapazitäten ( $C_1, C_2$ ) linear addieren, so dass die Kondensatorgröße weitgehend unabhängig und frei festlegbar ist.

Figur 2

Figur für die  
Zusammenfassung

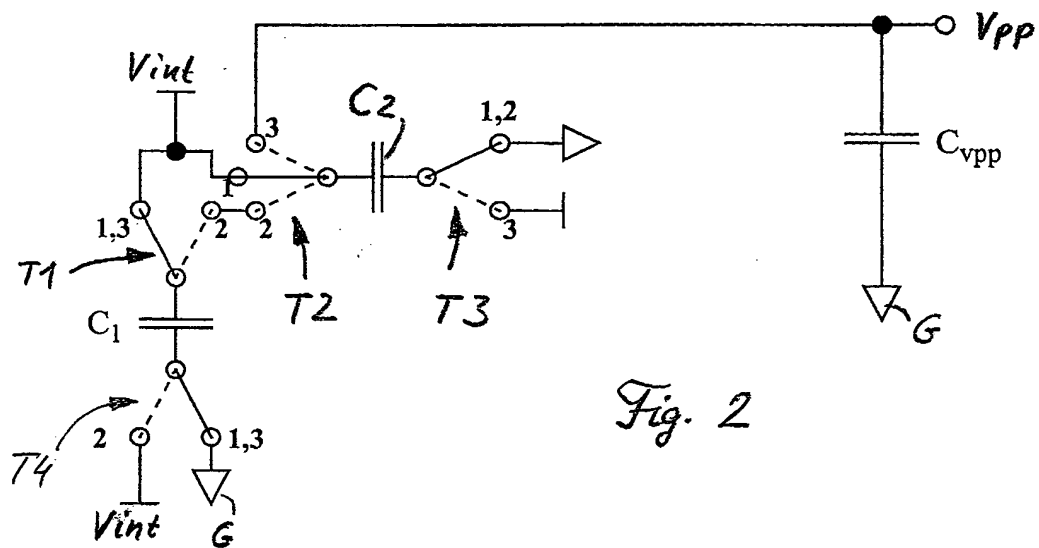
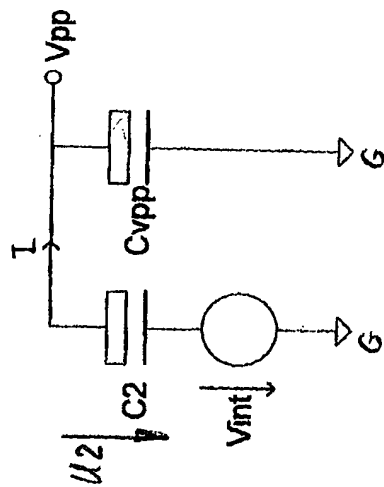
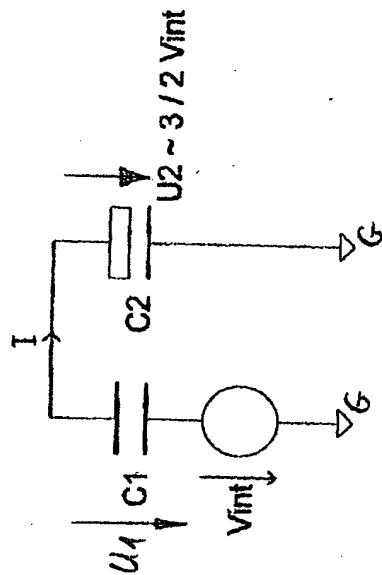
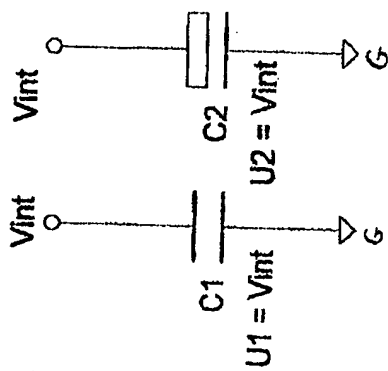
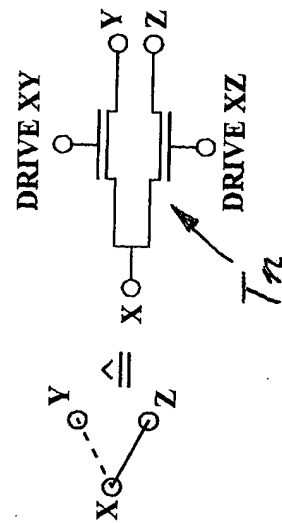
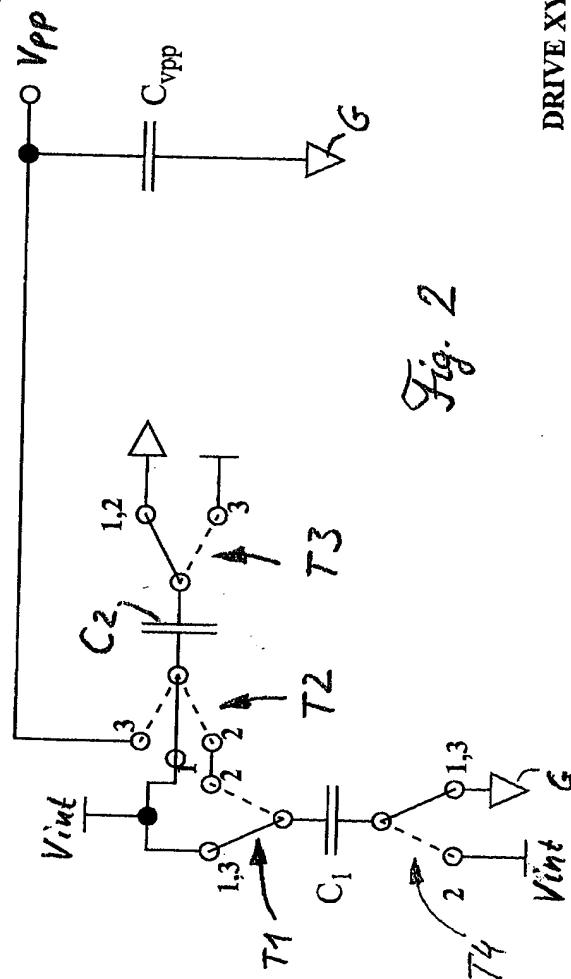


Fig. 2







## Bezugszeichenliste

1,2,3	Schalterstellungen
C1	erster Kondensator
C2	zweiter Kondensator
Cvpp	Ausgangskondensator
DRIVE XY	Anschluss
DRIVE XZ	Anschluss
G	Ground
I	Strom
T1...T4	elektronische Schalter
Tn	elektronischer Schalter
U1	Spannung am ersten Kondensator C1
U2	Spannung am zweiten Kondensator C2
Vint	Eingangsspannung
Vpp	Ausgangsspannung
XY	Strompfad
XZ	Strompfad